

CFA « Energies Renouvelables » Ecocampus de Sainte Tulle (04)

Bernard Brot
R+4 Architectes
Forcalquier, France



Samuel Nemoz
GAUJARD Technologie scop
Avignon, France



Elisabeth Leteissier
LETEISSIER CORRIOL
Architecture & Urbanisme
Marseille, France



1. Présentation de l'opération

Localisation : route de Marseille Ecocampus de Sainte Tulle/Manosque (04)

Dates : concours 2014/chantier en cours/livraison prévue mai 2017

Maîtrise d'ouvrage : **DURANCE LUBERON VERDON AGGLOMERATION (DLVA)**

AMO-OPC : **TPFI INGENIERIE** Aix-en-Provence (13)

Maîtrise d'œuvre :

R+4 ARCHITECTES Forcalquier (04) : architecte mandataire

LETEISSIER CORRIOL Architecture & Urbanisme Marseille (13) : architecte associé

H & R - Isabelle RAULT Marseille (13) : paysage

VERDI Aix-en-Provence (13) : économie/structure béton/VRD

GAUJARD TECHNOLOGIE Avignon (84) : structure bois

ADRET Embrun (05) : fluides/qualité environnementale

GENIE ACOUSTIQUE Fontaine sur Saône (69) : acoustique

CABINET BRACHET Manosque (04) : coordonateur SPS

SOCOTEC Agence des Alpes du Sud Gap (05) : bureau de contrôle

SHON : **4 230 m²**

Coût des travaux : **7 460 000 €HT**

MISSION COMPLETE + SIGNALETIQUE

Intérêt particulier

Démarche Bâtiment Durable Méditerranéen (BDM) niveau OR

L'ensemble du projet doit atteindre un niveau de performance RT 2012 -15% à minima

Densification d'un site existant : l'écocampus de Sainte Tulle

Système constructif

Construction à ossature bois, sur un site à forte contraintes sismiques

Entreprises bois :

ARBONIS Verosvres (71) : constructeur bois

ATELIER VERNUCCI Manosque (04) : menuisier intérieur bois

Quantitatif bois :

- 4 350 m² d'ossature bois dont 2 600 m² isolés en laine biosourcée et 1 700 m² isolés en laine minérale
- 3 600 m² de caissons de toiture dont 3 250 m² isolés en laine biosourcée ;
- 10 m³ de LVL de hêtre
- 172 m³ de lamellé collé épicea
- 110 m³ de panneaux CLT épicea
- faux-plafond bois environ 19 m³ de sapin
- habillage mural environ : 37 m³ environ d'OSB et ossature 3 m³
- huisserie et châssis : environ 7 m³ de hêtre non compris les vantaux.

2. Le CFA Energies Nouvelles dans son contexte

Le CFA Energies Nouvelles s'inscrit dans le cadre d'une opération globale d'aménagement urbain sur la commune de Sainte Tulle située près de Manosque (04) comprenant l'implantation d'activités économiques, la construction de logements et le **développement, sur le campus EDF, site de l'ancienne « Ecole de Métiers », d'activités tertiaires et de formation dédiées aux métiers des énergies nouvelles et renouvelables.** Le CFA va accueillir 350 à 400 apprenants. Il constitue la première étape du développement de l'Ecocampus. L'offre de formation de niveaux V à VII est portée par le CFA de la CCIT 04, et sera par la suite étoffée par des formations de niveaux V à I proposées par d'autres organismes partenaires.

Le CFA a donc été conçu comme un **bâtiment emblématique**, élément moteur qui va apporter une nouvelle dynamique sur le site du campus et plus globalement contribuer à l'essor de la « Vallée des Energies Nouvelles » : Manosque/La Durance/Cadarache.

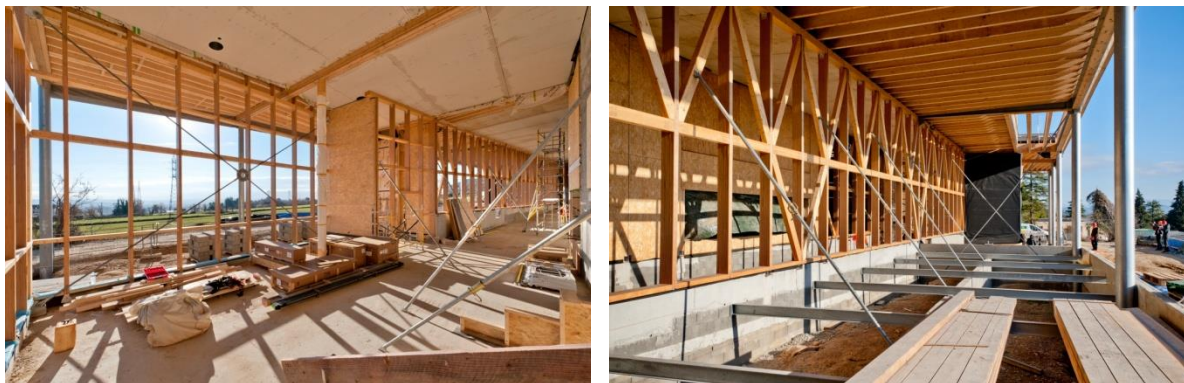


Illustration 1 : Une architecture rationnelle et expressive, dialoguant avec le paysage

Le projet s'appuie dans sa conception architecturale sur **trois points fondateurs** :

- le rapport au site
- l'expression de l'exemplarité du programme en matière de construction durable
- le respect quantitatif et qualitatif du programme fonctionnel et des réglementations.

Le CFA se présente comme un **bâtiment exemplaire en matière de construction durable**. Son architecture se veut l'expression de la recherche scientifique menée dans le domaine environnemental et porteuse d'avenir.

Le bâtiment est structuré autour d'une rue intérieure et de deux patios couverts, espaces tampons, donnant accès aux différentes entités, conçus comme des lieux de détente, d'échanges (forum des métiers, expositions, rencontres de partenaires) et d'expérimentations pour les apprenants. Ces **espaces de distribution inter-climatiques** sont les lieux de référence de l'établissement, conviviaux, pédagogiques, représentatifs de l'inscription du projet dans une préoccupation environnementale.

Notre volonté a été que le **bâtiment participe à la pédagogie dispensée par le CFA** a guidé les choix de conception permettant aux apprenants de **tester en vraie grandeur des dispositifs ayant attiré aux énergies nouvelles** :

- ventilation naturelle, végétation et eau pour le confort thermique d'été
- implantation de la chaufferie bois sur la plateforme technique d'enseignement
- mise en avant de l'énergie solaire et production photovoltaïque en verrière
- conception bioclimatique forte de la rue intérieure et des patios
- localisation et accessibilité des terrasses techniques.

2.1. La force d'un paysage, le rapport à ce qui est déjà là

Pour créer une véritable **synergie**, le nouveau bâtiment se **connecte à son environnement** : le projet s'inscrit sur le **terrain naturel restitué**, le raccord aux parcelles voisines est ainsi assuré, et la différence de niveaux entre points haut et bas du terrain (5.00m) est rattrapée par la création d'un cheminement piéton Est-Ouest, à pente régulière (4% maximum), autorisant l'accessibilité pour tous de part et d'autres du site.

La position dominante du terrain sur le grand paysage et sa relation visuelle permanente avec les lignes du plateau de Valensole ont conduit à **contenir la nouvelle construction sous une même ligne horizontale de référence, sous laquelle l'ensemble du programme du CFA prend place**. Les hauteurs résultantes sont exploitées pour y installer les entités fonctionnelles les plus adaptées : double niveau pour le pôle administratif/enseignants/vitrine des savoir-faire, hauteur importante dégagée en position centrale pour les espaces du plateau technique et l'enseignement professionnel, hauteur plus réduite pour l'enseignement général.

L'insertion du CFA se fait en douceur, dans un rapport de hauteur et de volumétrie en complémentarité des bâtiments existants et dans un souci de préservation du cadre naturel environnant.

L'organisation du CFA dans une **alternance de séquences végétales et bâties** a permis d'établir des prolongements extérieurs plantés, apportant de la **lumière naturelle** dans tous les locaux, compris circulations, et de l'**ombrage**, et de développer des principes bioclimatiques pour le **rafraîchissement** et la **ventilation naturelle**.

Les cours techniques, la chaufferie, les stationnements véhicules et deux roues sont situés sur une **bande servante au Nord** du site, là où se trouvent les transformateurs à conserver et le parking actuel.

Le cheminement doux est organisé au Sud, en **interface avec le futur quartier**.



Illustration 2 : Une architecture exemplaire en matière de construction durable

2.2. Une architecture rationnelle et « expressive »

Le CFA met en scène **une architecture rationnelle**, identifiant clairement les entités du programme, reliant ceux-ci par des espaces distributifs qualifiés.

Le **traitement unitaire** et à la même altimétrie des toits végétalisés est seulement interrompu par **deux émergences fortes et symboliques**, les verrières photovoltaïques abritant les patios intérieurs. Nous sommes dans le registre formel de la halle, des ateliers de productions ou d'enseignements, avec en leur centre la lumière nécessaire à l'épaisseur du volume bâti.

Une volumétrie simple mais expressive, inscrite dans la longue histoire de l'architecture des bâtiments où **l'enseignement pratique et le développement des savoirs techniques sont premiers et valorisés**. Comme sur les autres bâtiments publics et d'EDF de Sainte Tulle, le juste matériau au bon endroit, la rationalité et véracité constructive. L'expression même de la confiance en la modernité.

La **vocation du CFA** est affirmée par la **mise en valeur de ses espaces majeurs** :

- l'espace d'échanges et vitrine des savoir-faire est implanté en **position centrale** sur l'écocampus, en lien direct avec les chemins piétons, en belvédère sur le paysage
- le plateau d'enseignement technique, et notamment l'espace dédié aux formations
- environnement nucléaire/ITER et ENR, se trouvent **au coeur du dispositif**, immédiatement perceptible depuis les espaces d'accueil
- le pôle administratif et enseignants se situe **en proue** de la composition
- l'enseignement général **clôture la séquence** le long de la rue intérieure.

Les choix structuraux et de matériaux expriment un **rapport fort à la nature** mais ils sont également posés dans une préoccupation de durabilité et d'évolutivité du bâtiment, ainsi que de prise en compte des délais de réalisation du CFA et du budget affecté :

- Béton pour fondations, plancher bas et soubassement : béton de site parties visibles.
- **Matériaux biosourcés, recyclables**, favorisant le développement des filières locales :

- **structure bois** horizontale et verticale : légèreté, rapidité d'exécution, filière sèche ; utilisation du hêtre pour la structure de la rue intérieure
- parements intérieurs bois de l'ensemble des édifices
- utilisation de **laine de chanvre** pour l'isolation, le Biofib'isolation : les démarches de certifications nécessaires et indispensables - ACERMI, avis techniques- ont été faites et ont permis d'utiliser ces produits dans les établissements recevant du public et/ou dans les projets avec label environnemental ; ce matériau participe entre autre à dynamiser l'économie rurale ; par ailleurs, c'est un produit sain et cet aspect sanitaire compte autant pour le poseur que pour le bâti ; enfin la densité des isolants à base de chanvre garantit un confort d'été optimum, une notion très importante dans notre région
- utilisation de **linoléum**.
- Enveloppe extérieure en **polycarbonate** : recyclable, évolutif. Pas de couleurs vives prévues, mais des tons doux : polycarbonate translucide laissant deviner les parements intérieurs bois, acrotère métal gris métallisé.
- Recours aux énergies renouvelables :
 - **panneaux solaires** et **photovoltaïques, chaufferie bois**.
- **Toitures végétalisées** suivant un process local.
- **Récupération des eaux de pluie et noues végétalisées.**

3. La construction parasismique du CFA de Sainte Tulle

3.1. Le site et l'aléa sismique

Le projet d'éco-site est situé à **Sainte Tulle dans les Alpes-de-Haute-Provence** à proximité de la ville de Manosque et de la vallée de la Durance. La zone est caractérisée par une activité sismique régulière du fait du fonctionnement de la faille de la moyenne Durance. La ville de Manosque a notamment connu deux importants événements sismiques par le passé. En 1509 et 1708 deux séismes d'une magnitude évaluée autour de 5 ont frappé la ville, détruits de nombreuses constructions avec une intensité de niveau VIII et provoqués des glissements de terrain. Le 8 juillet 2010 à 20h20, un séisme de faible magnitude s'est produit à faible profondeur à proximité de la ville. S'il n'a pas causé de dégât, il a été ressenti par la population et témoigne de la réalité de l'aléa sismique auquel est exposée la région.

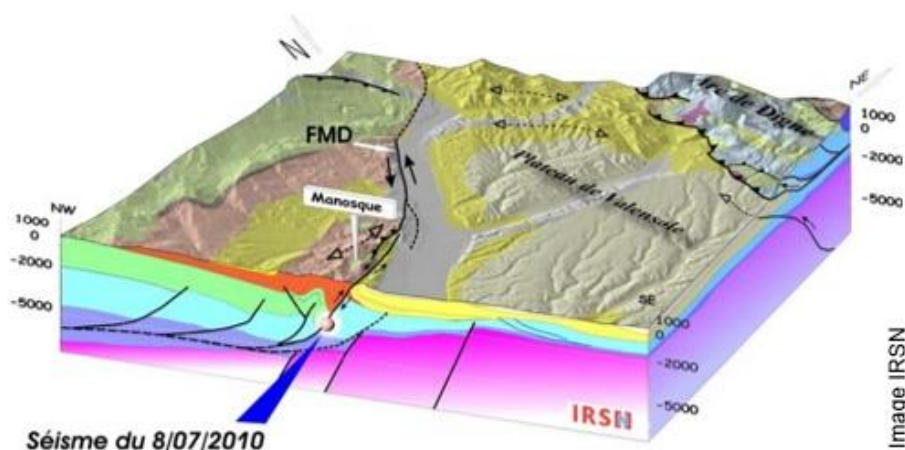


Illustration 3 : La faille de la moyenne Durance

Le zonage sismique réglementaire, en vigueur depuis le 1^{er} mai 2011, classe le site en **zone de sismicité moyenne (4) soit la classe la plus exposée en métropole**. Les bâtiments du projet sont destinés à des activités d'enseignements et sont de ce fait de catégorie d'importance III. Enfin le sous-sol alluvionnaire du site a été défini en classe C au sens de l'EN 1998-1. **Ces différents paramètres conduisent à la réalisation de bâtiments pouvant résister à d'importantes secousses horizontales avec des niveaux d'accélération parmi les plus importants de métropole.**

3.2. La conception parasismique du projet

Le programme du projet intègre des locaux d'**usages variés** : salles de cours, bureaux, ateliers et circulations conduisant à la réalisation de bâtiments de **dimensions diverses** et constitués de **masses différentes**. De plus, la déclivité du terrain et le parti architectural du projet ont conduit à **implanter les bâtiments à différentes altitudes**.

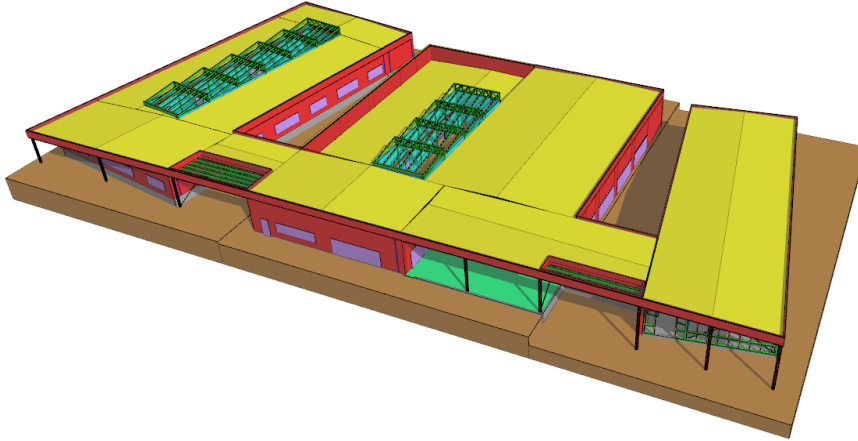


Illustration 4 : Perspective d'étude du projet

Ces éléments ont entraîné la subdivision du projet en bâtiments homogènes séparées par des joints sismiques et assimilables à des **unités dynamiquement indépendantes**.

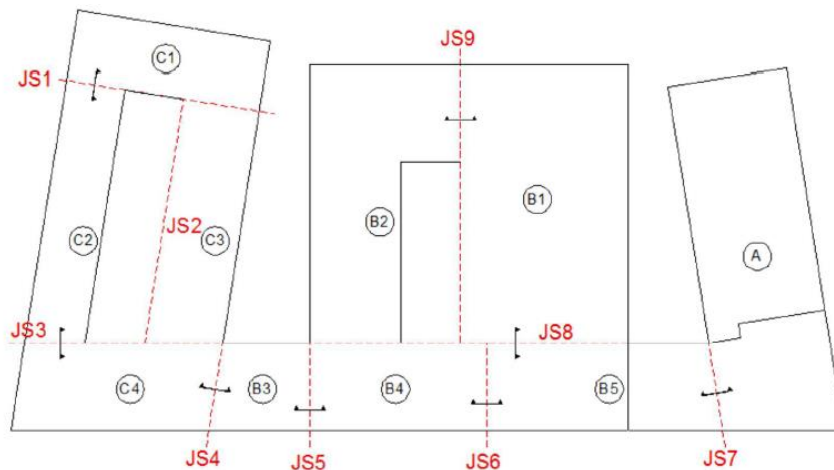


Illustration 5 : Les différentes unités dynamiquement indépendantes et les joints sismiques du projet

Les plans horizontaux de toitures et de planchers des bâtiments sont rigidifiés par des **panneautages ou des triangulations** de manière à répartir les efforts générés par les séismes aux ouvrages de stabilité verticale. La conception de ces derniers découle des niveaux d'efforts à transmettre et des configurations des parois dans lesquelles elles s'inscrivent. La forte intensité de l'action sismique réglementaire et les surfaces de murs disponibles pour intégrer des contreventements ont conduit à **intégrer des diagonales de stabilité dans les murs pleins en ossature bois**.

De même des **palées de stabilité avec diagonales bois et croix à tirants métalliques** ont été intégrés dans les façades vitrées.

3.3. La réalisation

Un point critique est la réalisation des **ancrages au soubassement béton** des structures de stabilité. Ces ouvrages en interfaces entre le gros-œuvre et la charpente nécessitent une bonne collaboration des deux intervenants, notamment pour la conception des ancrages, l'intégration des réservations de scellement et l'implantation des ferrures.



Illustration 6 : Implantation et levage de la structure zone administration

L'intégration aux parois pleines d'éléments de stabilité de forte résistance complexifie la réalisation et le montage des murs.

Un soin du détail important doit être apporté tant en conception qu'en réalisation pour permettre au mur d'assurer les diverses fonctions séparatives et la transmission d'importantes charges sismiques en fondations.



Illustration 7 : Mise en œuvre des murs à ossature bois renforcés

La **réalisation des joints sismiques** est également un point sur lesquels l'attention des concepteurs et des constructeurs doit être portée avec grande attention pour permettre les déplacements différentiels des bâtiments lors d'une secousse sismique tout en assurant la continuité de l'étanchéité à l'eau, à l'air et le niveau d'isolation thermique de l'enveloppe.

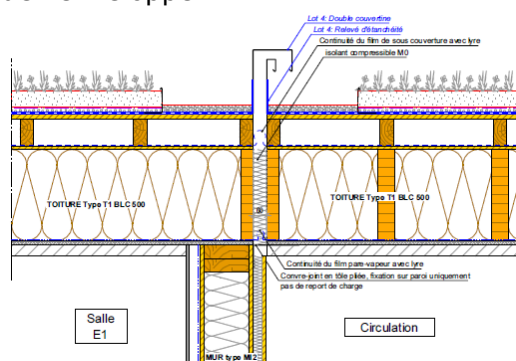


Illustration 8 : Détail de traitement des joints sismiques

En conclusion, la problématique structurelle de la construction parasismique d'un bâtiment exposé à un aléa tel que celui de ce projet nécessite une **attention particulière de l'ensemble des acteurs** : architectes, bureaux d'études et entreprises en conception comme en exécution. **Intégrer les dispositions parasismiques a des répercussions sur de nombreux ouvrages de structures mais aussi d'enveloppe et donc de nombreux corps d'état.** L'attention et la collaboration de chacun est alors indispensable pour permettre la réalisation d'un bâtiment garantissant la sécurité de ses occupants lors d'un évènement sismique majeur.

Le point de vue de l'entreprise en charge des EXE

Les **9 joints sismiques** divisent la structure des trois bâtiments en **10 zones dynamiquement indépendantes**. Chaque bloc est **auto stable**. Les murs ossatures bois stabilisent l'ensemble, sans bloc béton comme appui. Les murs à ossature bois (mobs) contreventants sont constitués avec 2 OSB de 15 et 18 mm de part et d'autre. C'est parfois insuffisant pour reprendre les efforts en cas de séisme : des **contreventements bois** intégrés aux mobs étaient prévus au DCE. L'entreprise a préféré les remplacer par des **palées en métal encadrant les mobs**.

Incidence sur chantier

Ce parti, validé par le BET conception et le Bureau de Contrôle, a toutefois induit des efforts ponctuels plus importants et, de ce fait, des **ferrures d'ancrages plus dé à mettre en œuvre pour le maçon**, avec des platines importantes à encastrier dans des ferrailages contraints. De plus, ces palées, contrairement aux contreventements bois qui peuvent être mis dans le plan des mobs, ont été fixés **en applique des parois**, ce qui a induit des **ajustements dimensionnels dans le positionnement des doublages** notamment.

En conclusion, sont à noter la nécessité et l'importance tout au long du chantier **des contrôles et auto-contrôles**, double passage de géomètres pour réceptionner le positionnement des ancrages.